ChinaXiv合作期刊

chinaXiv:201711.00555v1

冷季补饲对藏羊消化道消化酶活性及表观消化率的影响

景小平[1] 王之盛[1*] 彭全辉[1] 邹华围[1] 胡 瑞[1] 李 倩[1] 周 婷[1]

蒲启建[1] 张 灿[1] 赵索南[2] 孔祥颖[2] 周玉青[2]

（1.四川农业大学动物营养研究所，雅安 625014；2.海北州高原现代生态畜牧业科技试验示范园，海北 810299）

摘 要：本试验旨在研究冷季补饲尿素-糖蜜型舔砖或精料 2 种营养补充方式，对藏羊生长性能、消化道消化酶活性及表观消化率的影响。选择 1.5 岁藏系绵羊母羊 18 只，随机分为 3 组，每组 6 只羊。其中对照（CON）组自由采食燕麦干草，尿素-糖蜜型舔砖补饲（BS）组在 CON 组基础上自由舔食尿素-糖蜜型舔砖，精料补饲（CS）组在 CON 组基础上补饲精料 200 g/（只▪d）。60 d 饲养试验结束后，进行 4 d 消化试验，最后进行屠宰试验。结果表明：1)消化能和粗蛋白质平均日采食量 CS 组和 BS 组分别比 CON 组多 29.68%、40.00%和 11.37%、20.00%（P<0.05）；2）CS 组和 BS 组平均日增重（ADG）分别是 CON 组的 3.22 和 1.98 倍（P<0.05）；3）与 CON 组相比，补饲显著提高了血清葡萄糖（GLU）、总胆固醇（CHO）、甘油三酯（TG）、总蛋白（TP）和球蛋白（GLO）和白蛋白（ALB）浓度（P<0.05）；4）与 CON 组相比，补饲显著提高了干物质（DM）、中性洗涤纤维（NDF）和酸性洗涤纤维（ADF）表观消化率（P<0.05），且 CS 组高于 BS 组（P<0.05）；5）与 CON 组相比，补饲精料和尿素-糖蜜型舔砖均显著提高了瘤胃液中木聚糖酶、蛋白水解酶和氨基肽酶活性（P<0.05），且 CS 组显著高于 BS 组（P<0.05），补饲精料还显著提高了小肠各段黏膜中 α 淀粉酶、胰蛋白酶活性（P<0.05）。结果提示，在冷季通过补饲尿素-糖蜜型舔砖或精料，均可显著增加藏羊对能量、蛋白质及微量元素的采食量，显著增加消化道消化酶活性，从而提高营养物质表观消化率和藏羊的生长性能；在本试验条件下，冷季对能量和蛋白质的补充摄入水平越高，藏羊的日增重越高。

关键词：藏羊；营养补充方式；消化酶活性；表观消化率；生产性能

中图分类号：S826

藏羊（*Ovis aries*）是我国青藏高原上特有的原始绵羊品种，主产于青海地区，是产区

收稿日期：2016-02-06
基金项目：青藏高原社区畜牧业行业科技项目（201203008）
作者简介：景小平(1990-)，男，甘肃靖远人，硕士研究生，从事反刍动物营养研究。E-mail：jingxp0228@163.com
*通信作者：王之盛，教授，博士生导师，E-mail： zswangsicau@126.com

牧民主要的生产和生活资料，是青藏高原数量最多的家畜，也是我国养羊业的主要组成部分[1]。由于青藏高原特殊的自然环境，每年的枯草期长达 7 个月（10 月至翌年 4 月）之久，且长期超载、过牧，草地资源退化严重，牲畜饲草严重缺乏，草畜矛盾日益加剧[2-3]，且在冷季，牧草的粗蛋白质（CP）、粗脂肪（EE）等营养物质含量显著降低[4-5]，而长期以来藏羊的饲养方式仍为终年放牧，致使藏羊对营养物质的摄入长期不足，生长、发育受阻，“夏壮、秋肥、冬瘦、春死亡”的现象严重，生产效率低下[6-9]。

有研究报道，冷季对藏羊补饲青刈草、精料及舔砖等均能显著降低冷季藏羊体重损失，甚至增重[7,10-14]，王伟等[15]报道，在冷季对放牧藏羊进行补饲，不但可以显著降低冷季藏羊体重损失，且可提高暖季放牧增重率。由于青藏高原牧区的特殊地理环境和气候条件限制，目前对于补饲对藏羊消化道中消化酶活性以及营养物质表观消化率的影响等层面的研究相对较少。本试验拟通过研究冷季补饲尿素-糖蜜型舔砖或精料 2 种营养补充方式对藏羊消化道中消化酶活性、营养物质表观消化率以及生长性能的影响，旨在为指导藏羊的科学饲养及提高藏羊生产效率提供试验依据。

1 材料与方法

1.1 试验时间与地点

试验于 2014 年 2—4 月在青海省海北藏族自治州海晏县西海镇海北高原现代生态畜牧业科技试验示范园进行。

1.2 试验设计与试验饲粮

选择 1.5 岁、体重[（29.36±1.79） kg]相近的健康藏羊母羊 18 只，随机分为 3 组，分别为对照（CON）组、尿素-糖蜜型舔砖补饲（BS）组和精料补饲（CS）组，每组 6 个重复，每个重复 1 只羊。试验基础饲粮为燕麦干草，CON 组自由采食燕麦干草，BS 组在 CON 组基础上自由舔食尿素-糖蜜型舔砖，CS 组在 CON 组基础上补饲精料 200 g/（只▪d）。精料的配制参照我国《肉羊饲养标准》（NY/T 816-2004），主要由玉米、小麦麸、菜籽粕、豆粕、菜籽油、食盐和预混料等组成。燕麦干草、尿素-糖蜜型舔砖和精料营养水平见表 1。精料补饲量参考佟瑛[14]的研究结果而确定。试验分为动物饲养试验、消化试验和屠宰试验。动物饲养试验分预试期 14 d 和正试期 60 d，在第 61～64 天进行消化试验，消化试验结束后进行屠宰试验。

chinaXiv:201711.00555v1

表 1　燕麦干草、尿素-糖蜜型舔砖和精料营养水平（风干基础）

Table 1　Nutrient levels of oat hay, urea-molasses lick block and concentrate (air-dry basis)

项目 Items	燕麦干草 Oat hay	尿素-糖蜜型舔砖 Urea-molasses lick block	精料 Concentrate
干物质 DM/（g/kg）	920.00	941.00	925.20
消化能 DE/(MJ/kg)	9.56	6.81	13.00
粗蛋白质 CP/(g/kg)	92.00	306.30	157.90
酸性洗涤纤维 ADF/(g/kg)	358.80	19.10	69.19
中性洗涤纤维 NDF/(g/kg)	579.60	43.85	154.38
钙 Ca/(g/kg)	3.68	29.96	5.37
磷 P/(g/kg)	2.48	18.17	3.73
铁 Fe/(mg/kg)	72.12	2 038.82	85.00
铜 Cu/(mg/kg)	8.64	262.31	18.00
锰 Mn/(mg/kg)	26.69	478.14	38.00
锌 Zn/(mg/kg)	19.12	489.33	50.00
碘 I/(mg/kg)	0.23	9.96	1.50
钴 Co/(mg/kg)	0.05	2.17	0.30
硒 Se/(mg/kg)	0.07	1.03	0.28

消化能为计算值，参照我国《肉羊饲养标准》（NY/T 816-2004）中的方法计算,其余为实测值。表 2 同。

DE was a calculated value referred to Chinese *Sheep Breeding Standard* (NY/T 816-2004), and others were measured values. The same as Table 2.

1.3　饲养管理

试验开始前对试验所用圈舍及饲喂用具进行清洁及消毒。所有试验藏羊注射伊维菌素驱虫，预试期结束后，试验藏羊每只单栏饲养，每天在 08:00 和 16:00 分 2 次饲喂，并记录投喂量及剩余量。BS 组所补饲尿素-糖蜜型舔砖置于料槽中自由舔食，并定期称重，计算舔食量。CS 组所补饲精料在每天 08:00 投喂。所有试验藏羊自由饮水。羊舍每天打扫 1 次，1 周消毒 1 次。

1.4　样品采集

1.4.1　血液采集

在正试期的第 1 天和第 60 天早晨饲喂前，对所有试验藏羊颈静脉采血 10 mL，4 ℃静置 15 min 后 1 368×*g* 离心 15 min，取血清分装于 1.5 mL 离心管中，-20 ℃保存，用于血液生化指标的测定。

1.4.2　饲粮样及粪样的采集

chinaXiv:201711.00555v1

chinaXiv:201711.00555v1

所有试验藏羊在第 61～64 天采用全收粪法进行消化试验。每天记录每只试验藏羊的采食量，并采集当天饲粮样品，-20 ℃保存备测。参照 Gorski 等[16]方法，利用自制“8”字形铁丝圈及橡胶带将自制防泼湿粪袋固定于试验藏羊肛门处，在每天 08:00 和 18:00 分 2 次收集粪袋中的全部粪便，称重并混合均匀后，取总量的 20%加入 10%的盐酸 20 mL 固氮，-20 ℃保存备测。

1.4.3　瘤胃液及十二指肠、空肠和回肠黏膜的采集

所有试验藏羊屠宰后，立即分离出瘤胃及十二指、空肠和回肠。打开瘤胃后在瘤胃背囊、腹囊、后背盲囊和后腹盲囊分别取等量的瘤胃食糜，于 4 层纱布过滤后，将瘤胃液混合均匀并分装于 10 mL 离心管中置于液氮中保存，之后转入-80 ℃保存备测。分别取十二指肠中段、空肠中段和回肠中段各 5 cm 用生理盐水冲洗食糜后，用载玻片刮取黏膜于 1.5 mL 离心管分装后置于液氮中，之后转入-80 ℃保存备测。

1.5　指标测定与方法

1.5.1　生产性能

记录所有试验藏羊燕麦干草、尿素-糖蜜型舔砖及精料采食量，计算平均采食量。在正试期的第 1 天和第 60 天，早晨饲喂前空腹称重，计算平均日增重（ADG）。

1.5.2　血液生化指标

用 7020 型全自动生化分析仪（日本日立），并按照试剂盒说明书测定血清中葡萄糖（GLU）、甘油三酯（TG）、总胆固醇（CHO）、总蛋白质（TP）、白蛋白（ALB）、球蛋白（GLO）和尿素氮（UN）浓度。

1.5.3　表观消化率

饲粮样及粪样中干物质（DM）、CP、中性洗涤纤维（NDF）、酸性洗涤纤维（ADF）、钙（Ca）和磷（P）含量，参照《饲料分析及饲料质量检测技术》方法测定[17]。饲粮中的铁（Fe）、铜（Cu）、锰（Mn）、锌（Zn）、碘（I）、钴（Co）和硒（Se）含量采用原子吸收光谱法并参照 GB/T 13885-2003[18]测定，原子吸收光谱仪为 CONTAA700 型（德国耶拿）。

饲粮某营养物质表观消化率（%）=[（食入饲粮中该营养物质-粪中该营养物质）/食入饲粮中该营养物质]×100。

1.5.4　瘤胃液及十二指肠、空肠和回肠黏膜中消化酶活性

ChinaXiv合作期刊

瘤胃液中的木聚糖酶、内切葡聚糖酶、α 淀粉酶、蛋白水解酶和氨基肽酶活性，十二指肠、空肠和回肠黏膜中 α 淀粉酶、胰蛋白酶、糜蛋白酶和脂肪酶活性参照相对应的酶联免疫吸附测定法（ELISA）试剂盒（上海邦奕生物科技有限公司）说明书进行测定，所使用的酶标仪为 Model680 型（美国伯乐）。

1.6　数据统计分析

试验数据用 Excel 2013 初步整理统计后，采用 SPSS 22.0 进行单因素 ANOVA 模型方差分析，并用 Duncan 氏法进行多重比较，P<0.05 表示差异显著。

2　结果与分析

2.1　冷季补饲对藏羊营养物质采食量的影响

由表 2 可知，CS 组每天消化能平均日采食量比 CON 组和 BS 组分别多 29.68%和 16.44%（P<0.05），且 CP 平均日采食量比 CON 组和 BS 组分别多 40.00%和 16.67%（P<0.05）。BS 组每天消化能和 CP 平均日采食量比 CON 组多 11.37%和 20.00%（P<0.05）。BS 组总微量元素平均日采食量比 CON 组和 CS 组分别多 49.12%和 27.74%（P<0.05），CS 组总微量元素平均日采食量比 CON 组多 16.74%（P<0.05）。冷季补饲尿素-糖蜜型舔砖或精料均显著提高了藏羊对消化能、粗蛋白质和总微量元素的采食量。

表 2　冷季补饲对藏羊营养物质采食量的影响

Table 2　Effects of supplementation on nutrient intakes of Tibetan sheep in cold season

项目 Items	组别 Groups			SEM	P 值
	CON	BS	CS		P-value
饲粮组分平均日采食量 Average daily intake of dietary composition					
燕麦干草 Oat hay/kg	1.04	1.14	1.07	0.04	0.560
尿素-糖蜜型舔砖 Urea-molasses lick block/g		21.00		1.13	
精料 Concentrate/g			200.00		
营养物质平均日采食量 Average daily intake of nutrient					
干物质 DM/kg	0.96^{b}	1.07^{ab}	1.17^{a}	0.04	0.112
消化能 DE/MJ	9.94^{c}	11.07^{b}	12.89^{a}	0.39	0.001
粗蛋白质 CP/kg	0.10^{c}	0.12^{b}	0.14^{a}	0.01	0.007
酸性洗涤纤维 ADF/kg	0.42	0.43	0.40	0.02	0.357
中性洗涤纤维 NDF/kg	0.68	0.70	0.65	0.02	0.453
钙 Ca/g	4.34^{b}	5.11^{a}	5.02^{a}	0.15	0.043
磷 P/g	2.93^{b}	3.42^{a}	3.40^{a}	0.11	0.044
铁 Fe/mg	85.10^{b}	130.56^{a}	91.41^{b}	11.19	<0.001
铜 Cu/mg	10.53^{b}	16.02^{a}	12.23^{b}	1.02	0.011

chinaXiv:201711.00555v1

锰 Mn/mg	31.49^{c}	42.51^{a}	36.25^{b}	1.75	0.003
锌 Zn/mg	22.56^{b}	33.54^{a}	30.52^{a}	1.76	<0.001
碘 I/mg	0.27^{c}	0.49^{b}	0.55^{a}	0.04	<0.001
钴 Co/mg	0.06^{b}	0.11^{a}	0.11^{a}	0.01	<0.001
硒 Se/mg	0.08^{c}	0.11^{b}	0.13^{a}	0.01	<0.001
总微量元素 The total trace minerals/mg	149.77^{c}	223.34^{a}	174.84^{b}	11.22	<0.001

同行数据肩标不同小写字母表示差异显著（*P*<0.05），相同或无字母表示差异不显著（*P*>0.05）。下表同。

In same row, values with different small letter superscripts mean significant difference (*P*<0.05), while with the same or no letter superscripts mean no significant difference (*P*＞0.05). The same as below.

2.2 冷季补饲对藏羊生长性能的影响

由表 3 可知，藏羊末重 CS 组显著高于 BS 组和 CON 组（*P*<0.05）。平均日增重 CS 组是 BS 组的 1.63 倍（*P*<0.05），是 CON 组的 3.22 倍（*P*<0.05），BS 组是 CON 组的 1.98 倍（*P*<0.05）。冷季补饲尿素-糖蜜型舔砖或精料均显著提高了藏羊在冷季的平均日增重。

表 3 冷季补饲对藏羊生长性能的影响

Table 3 Effects of supplementation on growth performance of Tibetan sheep in cold season

项目 Items	组别 Groups			SEM	*P* 值 *P*-value
	CON	BS	CS		
初重 Initial weight/kg	29.38	29.56	29.17	0.40	0.938
末重 Final weight/kg	32.73^{b}	34.65^{b}	37.60^{a}	0.55	0.001
平均日增重 ADG/g	44.45^{c}	87.91^{b}	143.33^{a}	14.74	<0.001

2.3 冷季补饲对藏羊血液生化指标的影响

由表 4 可知，在试验第 1 天血清 GLU、TG、CHO、TP、ALB、GLO 和 UN 浓度，CON 组、BS 组和 CS 组 3 组之间均无显著性差异（*P*>0.05）。在第 60 天血清 GLU、TP 和 GLO 浓度 CS 组和 BS 组均显著高于 CON 组(*P*<0.05),CS 组和 BS 组之间差异不显著(*P*>0.05)。血清 CHO、TG 和 ALB 浓度 CS 组显著高于 BS 组（*P*<0.05），且 BS 组显著高于 CON 组（*P*<0.05）。血清 UN 浓度 CS 组显著高于 BS 组和 CON 组（*P*<0.05），BS 组和 CON 组之间差异不显著（*P*>0.05）。

表 4 冷季补饲对藏羊血液生化指标的影响

Table 4 Effects of supplementation on blood biochemical indexes of Tibetan sheep in cold season

项目 Items	时间 Time/d	组别 Groups	SEM	*P* 值

chinaXiv:201711.00555v1

		CON	BS	CS		*P*-value
葡萄糖 GLU/(mmol/L)	1	4.76	4.86	4.92	0.13	0.791
	60	3.60[b]	4.96[a]	5.26[a]	0.22	＜0.001
总胆固醇 CHO/(mmol/L)	1	2.03	2.05	2.06	0.06	0.965
	60	2.30[c]	2.73[b]	3.12[a]	0.12	＜0.001
甘油三酯 TG/(mmol/L)	1	0.42	0.43	0.43	0.02	0.999
	60	0.30[c]	0.43[b]	0.50[a]	0.03	＜0.001
总蛋白 TP/(g/L)	1	60.14	60.45	60.58	0.41	0.360
	60	54.58[b]	60.71[a]	62.69[a]	0.81	0.008
白蛋白 ALB/(g/L)	1	28.85	26.98	27.77	0.39	0.147
	60	25.66[c]	28.26[b]	29.81[a]	0.55	＜0.001
球蛋白 GLO/(g/L)	1	31.76	31.35	30.88	0.29	0.486
	60	28.92[b]	32.45[a]	32.88[a]	0.71	0.001
尿素氮 UN/(mmol/L)	1	4.45	4.45	4.49	0.52	0.990
	60	3.67[b]	3.85[b]	4.80[a]	0.21	0.039

2.4 冷季补饲对藏羊营养物质表观消化率的影响

由表 5 可知，DM、NDF 和 ADF 表观消化率 CS 组均显著高于 CON 组和 BS 组（P<0.05），且 BS 组显著高于 CON 组（P<0.05）。OM 表观消化率 CS 组显著高于 CON 组（P<0.05）。CP 表观消化率 CS 组显著高于 CON 组和 BS 组（P<0.05），而 BS 组和 CON 组间无显著性差异（P>0.05）。

表 5 冷季补饲对藏羊营养物质表观消化率的影响

Table 5 Effects of supplementation on nutrient apparent digestibility of Tibetan sheep in cold season %

项目 Items	组别 Groups			SEM	*P* 值 *P*-value
	CON	BS	CS		
干物质 DM	60.50[c]	65.54[b]	69.20[a]	1.37	0.003
有机物 OM	65.48[b]	67.49[ab]	70.14[a]	0.86	0.060
粗蛋白质 CP	65.47[b]	66.69[b]	68.71[a]	0.51	0.001
中性洗涤纤维 NDF	53.45[c]	56.51[b]	60.56[a]	0.97	<0.001
酸性洗涤纤维 ADF	46.64[c]	50.85[b]	56.17[a]	1.46	0.001

2.5 冷季补饲对藏羊瘤胃液中消化酶活性的影响

由表 6 可知，瘤胃液中木聚糖酶、蛋白水解酶和氨基肽酶活性 CS 组显著高于 BS 组（P<0.05），且 BS 组显著高于 CON 组（P<0.05）。内切葡萄糖酶活性 CS 组显著高于 BS 组和 CON 组（P<0.05），BS 组和 CON 组间差异不显著（P>0.05）。α 淀粉酶活性 CS 组显著高于 CON 组（P<0.05）。

表 6 冷季补饲对藏羊瘤胃液中消化酶活性的影响

Table 6 Effects of supplementation on digestive enzyme activities of rumen liquid of Tibetan sheep in cold

chinaXiv:201711.00555v1

ChinaXiv合作期刊

season IU/L

项目 Items	组别 Groups			SEM	*P* 值 *P*-value
	CON	BS	CS		
木聚糖酶 Xylanase	28.89^{c}	40.19^{b}	59.53^{a}	4.22	＜0.001
内切葡聚糖酶 Endoglucanase/(mIU/L)	398.48^{b}	423.29^{b}	569.12^{a}	22.18	0.001
α 淀粉酶 Alpha-amylase	82.44^{b}	88.55^{ab}	93.75^{a}	2.11	0.075
蛋白水解酶 Proteinase	277.88^{c}	388.32^{b}	527.41^{a}	30.85	＜0.001
氨基肽酶 Aminopeptidase	172.57^{c}	234.69^{b}	287.19^{a}	14.93	＜0.001

2.6 冷季补饲对藏羊小肠黏膜中消化酶活性的影响

由表 7 可知，α 淀粉酶活性在十二指肠黏膜中 CS 组显著高于 CON 组（*P*<0.05），在空肠黏膜中 CS 组显著高于 BS 组和 CON 组（*P*<0.05），在回肠黏膜中 CS 组和 BS 组均显著高于 CON 组（*P*<0.05）。胰蛋白酶活性在十二指肠黏膜中 CS 组显著高于 BS 组和 CON 组（*P*<0.05），在空肠和回肠黏膜中 CS 组显著高于 BS 组（*P*<0.05），且 BS 组显著高于 CON 组（*P*<0.05）。糜蛋白酶活性在十二指肠和空肠黏膜中 CS 组和 BS 组均显著高于 CON 组（*P*<0.05）。脂肪酶活性在十二指肠黏膜中 CS 组和 BS 组均显著高于 CON 组（*P*<0.05），而在空肠和回肠黏膜中 CON 组、BS 组和 CS 组 3 组之间无显著性差异（*P*>0.05）。

表 7 冷季补饲对藏羊小肠黏膜消化酶活性的影响

Table 7 Effects of supplementation on digestive enzyme activities of intestine mucosa of Tibetan sheep in cold season IU/L

项目 Item	组别 Groups			SEM	*P* 值 *P*-value
	CON	BS	CS		
十二指肠 Duodenum					
α 淀粉酶 Alpha-amylase	99.21^{b}	107.49^{ab}	110.78^{a}	2.16	0.062
胰蛋白酶 Trypsase	1 240.38^{b}	1 292.61^{b}	1 761.81^{a}	77.08	＜0.001
糜蛋白酶 Chymotrypsin	1 174.49^{b}	1 345.98^{a}	1 385.24^{a}	37.64	0.031
脂肪酶 Lipase	104.46^{b}	145.40^{a}	133.13^{a}	6.43	0.001
空肠 Jejunum					
α 淀粉酶 Alpha-amylase	61.80^{b}	71.08^{b}	82.57^{a}	3.07	0.005
胰蛋白酶 Trypsase	1 201.03^{c}	1 443.81^{b}	1 782.86^{a}	77.00	＜0.001
糜蛋白酶 Chymotrypsin	868.46^{b}	1 135.52^{a}	1 225.59^{a}	49.25	＜0.001
脂肪酶 Lipase	104.75	113.31	112.74	3.40	0.583
回肠 Ileum					
α 淀粉酶 Alpha-amylase	58.64^{b}	72.78^{a}	75.01^{a}	2.78	0.013
胰蛋白酶 Trypsase	959.80^{c}	1 175.69^{b}	1 432.12^{a}	66.17	0.001
糜蛋白酶 Chymotrypsin	1 369.08	1 329.23	1 389.28	23.94	0.626

chinaXiv:201711.00555v1

脂肪酶 Lipase	124.01	128.17	125.28	2.84	0.855

3 讨 论

3.1 冷季补饲对藏羊血清生化指标的影响

动物的血清生化指标能不同程度地反映机体营养物质代谢状况。血清中 TP 可反映动物对蛋白质的采食量以及对蛋白质的吸收利用水平，TP 由 ALB 和 GLO 组成，ALB 主要用于组织的合成和修复，GLO 与体液免疫有关，动物机体处于营养缺乏时 TP、ALB 和 GLO 会下降[19-20]。本试验中，血清 TP、ALB 和 GLO 浓度，CON 组在试验期内下降，而 BS 组和 CS 组上升，且在第 60 天 BS 组和 CS 组显著高于 CON 组，这与 CS 组和 BS 组与 CON 组相比摄入了更多的蛋白质相一致。血清 UN 浓度可反映动物机体内蛋白质或氮的代谢情况，其与氮的输入量呈正相关[21-22]。本试验结果显示，CS 组血清 UN 浓度显著高于 BS 组和 CON 组，这与 CP 平均日采食量 CS 组显著高于 BS 组和 CON 组一致。虽然 CP 平均日采食量 BS 组显著高于 CON 组，但是其血清 UN 浓度与 CON 组差异不显著，这可能是由于 BS 组食入的尿素-糖蜜型舔砖中含有的可溶性糖、尿素氮以及微量元素能被瘤胃微生物快速发酵利用，促进了瘤胃微生物合成菌体蛋白，增强了对氮的利用速率，使得进入血液循环的尿素氮量下降。反刍动物血清中的 GLU 主要由于碳水化合物在小肠被降解为单糖而吸收进入血液和肝脏糖异生产生。有研究报道，能量采食量的提高可以显著提高血清中 GLU 浓度[23-24]。本试验中，CS 组和 BS 组消化能平均日采食量均显著高于 CON 组，使其血清 GLU 浓度也显著高于 CON 组，这与前人的研究结果一致。血清中的 TG 和 CHO 浓度与动物机体脂代谢相关，本试验中第 60 天 CS 组和 BS 组 TG 和 CHO 浓度均显著高于 CON 组，证明 CS 组和 BS 组对脂的吸收和合成代谢增强，而 CON 组脂解代谢增强这与其消化能平均日采食量变化相一致，也与杨俊等[24]研究结果一致。

3.2 冷季补饲对藏羊消化道消化酶活性及营养物质表观消化率的影响

消化酶的分泌量及其活性是体现动物消化机能的一项重要指标，其通过影响动物对饲粮中营养物质的消化吸收进而影响动物的生长、发育与生产[25]。本试验中，补饲精料和尿素-糖蜜型舔砖均提高了瘤胃液木聚糖酶、内切葡萄糖酶、α 淀粉酶、蛋白质水解酶和氨基肽酶活性，证明补饲提高了藏羊瘤胃内对蛋白质、纤维素以及淀粉的发酵消化。瘤胃液中的消化酶由瘤胃微生物所分泌，因此瘤胃中消化酶的活性、种类与微生物的数量和种类有关[26]，而饲粮的类型及营养物质组成通过影响瘤胃微生物种类和数量的变化[27]，进而影响瘤胃内

chinaXiv:201711.00555v1

chinaXiv:201711.00555v1

消化酶活性[28]。本试验中，CS 组和 BS 组摄入了更多能量和蛋白质为瘤胃微生物发酵提供了更多的碳源和氮源，从而促进瘤胃微生物的生长和代谢，增加其所分泌消化酶的量和活性。陈军强等[29]报道，营养限饲使小尾寒羊瘤胃液纤维素酶活性下降，而营养补偿可以使纤维素酶活性上升，本研究结果与其相一致。瘤胃纤维素降解酶活性的提高进而显著提高了 NDF 和 ADF 的表观消化率。小肠上皮细胞和胰腺所分泌的 α 淀粉酶、胰蛋白酶、糜蛋白酶和脂肪酶可对进入小肠的食糜继续进一步消化，消化酶活性越高，表明动物的消化能力越强。研究表明，小肠消化酶活性与饲粮的类型和营养水平密切相关，提高饲粮营养水平可显著提高消化酶活性，增加肠道中可利用底物可刺激消化酶的分泌及活性的提高[30-33]。刘月琴等[34]在饲粮类型对小尾寒羊小肠各段消化酶活性影响的研究中得出，小肠内的淀粉酶、胰蛋白酶、糜蛋白酶和脂肪酶活性在一定范围内随饲粮中非结构性碳水化合物、蛋白质和脂肪含量的增加而增高。本研究中，补饲精料或尿素-糖蜜型舔砖使 CS 组和 BS 组藏羊对消化能和 CP 平均日采食量显著提高，可使到达肠道中的微生物蛋白质、过瘤胃蛋白质及淀粉含量增加，从而刺激小肠消化酶的分泌及活性增加。BS 组和 CS 组瘤胃以及小肠各段淀粉水解酶、蛋白水解酶以及脂肪水解酶活性随营养物质平均日采食量的增加而不同程度地提高，使饲粮中 DM、OM、CP、NDF 和 ADF 表观消化率不同程度地增加，从而促进机体对营养物质的消化吸收，提高藏羊的生长性能，这与张海容[12]的研究报道，随精料补饲水平的提高，藏羊对营养物质的表观消化率以及生长性能也随之提高相一致。CS 组和 BS 组之间消化酶活性的差异，可能是由于所补充摄入的营养物质水平及其在消化道的降解特性差异所致，进而导致了对营养物质消化率的差异。

3.3 冷季补饲对藏羊生长性能的影响

动物对蛋白质、能量和微量元素等营养物质的平均日采食量决定动物体的正常生命活动，健康状况及生长性能[35]。研究指出，在冷季补饲能量饲料或蛋白质饲料均可提高冷季家畜生长性能[36-37]，且张建勋[38]报道，在冷季能量饲料与蛋白质饲料结合补饲效果优于单一的能量或蛋白质饲料补饲。传统的放牧饲养管理方式存在家畜矿物元素缺乏和不平衡问题，从而影响家畜的生产水平[39-42]，张昌吉等[43]对放牧高山细毛羊补饲舔砖，增加高山细毛羊微量元素的平均日采食量，显著增加了高山细毛羊的平均日增重。本试验中 CS 组和 BS 组藏羊平均日增重均显著高于 CON 组，且 CS 组显著高于 BS 组，这与其能量和蛋白质及微量元

素平均日采食量的增加程度相符，并于前人的研究结果一致。动物的生长性能不但与营养物质平均日采食量有关，而且与其对营养物质的消化吸收率密切相关。本试验中，随营养物质平均日采食量的提高，不同程度地增加了藏羊瘤胃和小肠消化酶活性，提高了营养物质的表观消化率，从而不同程度提高了藏羊的生长性能。

4 结 论

①在冷季通过补饲尿素-糖蜜型舔砖或精料，均可显著增加藏羊对能量、蛋白质及微量元素的采食量，显著增加消化道消化酶活性，从而提高对 DM、OM、CP、NDF 和 ADF 表观消化率和藏羊的生长性能。

②在本试验条件下，冷季对能量和蛋白质的补充摄入水平越高，藏羊的平均日增重越高。

参考文献：

[1] 向泽宇,王长庭.青藏高原藏羊遗传资源的现状、存在问题及对策[J].中国畜牧兽医文摘,2011,27(2):1–4.

[2] 王宏博,阎萍,梁春年,等.甘南藏系绵羊饲养管理现状及发展对策[C]//第八届中国羊业进展论文集.简阳:中国畜牧业协会,2011:53–54.

[3] 李英年.高寒草甸牧草产量和草场载畜量模拟研究及对气候变暖的响应[J].草业学报,2000,9(2):77–82

[4] 赵禹臣,孟庆翔,参木有,等.西藏高寒草地冷暖季牧草的营养价值和养分提供量分析[J].动物营养学报,2012,24(12):2515–2522.

[5] 李长慧.高寒草甸草地牧草产量及其营养[J].黑龙江畜牧兽医,2001(9):18–19.

[6] 张发慧.藏系绵羊自然放牧条件下生长发育规律观察[J].畜牧兽医杂志,2009,28(5):18–20.

[7] 马桂琳,祁红霞,刘秀,等.甘南藏绵羊冷季补饲试验研究[J].畜牧兽医杂志,2011,30(6):35–37.

[8] 王安禄,白永生,马玉明,等.藏羊冷季体重变化动态与补饲效果研究[J].草业科学,1993,10(6):56–59.

[9] 薛白,赵新全,张耀生.青藏高原天然草场放牧家畜体重和体能量变化动态[J].畜牧与兽医,2005,37(1):1–4.

[10] 佟瑛,张堃,王万帮,等.不同精料添加量对藏系绵羊的育肥效果[J].甘肃农业大学学

chinaXiv:201711.00555v1

ChinaXiv合作期刊

报,2005,39(5):489–492.

[11] 张玲勤,陈刚,韩志辉,等.高寒地区枯草期放牧藏羊补饲试验[J].黑龙江畜牧兽医,2011(23):68–70.

[12] 张海容.不同精料补饲水平对藏绵羊生产性能和消化代谢影响的研究[J].畜牧与兽医,2009,41(8):24–28.

[13] 丁考仁青,石红梅,张玉林,等.甘南藏羊高寒牧区冷季补饲育肥试验[J].畜牧兽医杂志,2011,30(6):28–29,32.

[14] 佟瑛.精料补饲水平对藏系绵羊育肥效果及瘤胃内环境参数的影响[D].硕士学位论文.兰州:甘肃农业大学,2004:13–14.

[15] 王伟,徐成体,张明,等.青海省贵南县藏羊冷季精料补饲效果研究[J].青海畜牧兽医杂志,2013,43(2):10–11.

[16] GORSKI J,BLOSSER T H,MURDOCK F R,et al.A urine and faeces collecting apparatus for heifers and cows[J].Journal of Animal Science,1957,16:100–109.

[17] 张丽英.饲料分析及饲料质量检测技术[M].2 版.北京:中国农业大学出版社,2003:80–150.

[18] 国家饲料质量监督检验中心.GB/T 13885–2003 动物饲料中钙、铜、铁、镁、锰、钾、钠和锌含量的测定[S].北京:中国标准出版社,2003.

[19] WYKES L J,FIOROTTO M,BURRIN D G,et al.Chronic low protein intake reduces tissue protein synthesis in a pig model of protein malnutrition[J].The Journal of Nutrition,1996,126(5):1481–1488.

[20] 薛树媛,李长青,徐元庆,等.早期补饲对羔羊生长性能及血清生化指标的影响[J].饲料研究,2015(18):39–43.

[21] PRESTON R L,SCHNAKENBERG D D,PFANDER W H.Protein utilization in ruminants. Ⅰ.Blood urea nitrogen as affected by protein intake[J].The Journal of Nutrition,1965,86:281–288.

[22] TORELL D T,HUME I D,WEIR W C.Factors affecting blood urea nitrogen and its use as an index of the nutritional status of sheep[J].Journal of Animal Science,1974,39(2):435–440.

chinaXiv:201711.00555v1

ChinaXiv合作期刊

[23] 崔祥,刁其玉,张乃锋,等.日粮能量水平对断奶犊牛生长性能及营养物质消化代谢的影响[J].畜牧兽医学报,2014,45(11):1815–1823.

[24] 杨俊.精料补充料能量水平对早期断奶舍饲犊牦牛生产性能和营养物质表观消化率的影响[D].硕士学位论文.雅安：四川农业大学,2013.

[25] 孙娟,闫素梅.反刍动物的消化道发育及酶活性影响因素研究进展[J].饲料研究,2015(2):24–28.

[26] 刘敏雄.反刍动物消化生理学[M].北京:北京农业大学出版社,1991:145–152.

[27] BELANCHE A,DOREAU M,EDWARDS J E,et al.Shifts in the rumen microbiota due to the type of carbohydrate and level of protein ingested by dairy cattle are associated with changes in rumen fermentation[J].The Journal of Nutrition,2012,142(9):1684–1692.

[28] KMEŤ V,BOĎA K,JAVORSKÝ P,et al.Dynamics of enzymatic activity development in the adherent rumen microflora[J].Archiv für Tierernaehrung,1986,36(7):621–628.

[29] 陈军强,丁路明,高强,等.限饲与营养补偿对小尾寒羊生长性能、消化代谢和瘤胃液纤维素酶活性的影响[J].动物营养学报,2015,27(7):2085–2093.

[30] 张英杰.日粮类型对肉牛消化道酶活的影响及饲料小肠消化率评定方法研究[D].博士学位论文.北京:中国农业大学,2000:31–32.

[31] DE PASSILLÉ A M B,PELLETIER G,MÉNARD J,et al.Relationships of weight gain and behavior to digestive organ weight and enzyme activities in piglets[J].Journal of Animal Science,1989,67(11):2921–2929.

[32] 张英杰,冯仰廉.日粮对肉牛小肠 pH 值及胰蛋白酶活性的影响[J].中国草食动物,2000,2(1):8–9.

[33] VALETTE P,MALOUIN H,CORRING T,et al.Effects of diets containing casein and rapeseed on enzyme secretion from the exocrine pancreas in the pig[J].British Journal of Nutrition,1992,67(2):215–222.

[34] 刘月琴,王宝山,张英杰,等.日粮类型对小尾寒羊小肠消化酶活性影响的研究[J].中国草食动物,2004(增刊):131–134.

[35] 杨凤.动物营养学[M].北京:中国农业出版社,1993:193.

chinaXiv:201711.00555v1

[36] 祁生元,雷良煜.放牧藏羊冷季营养调控试验报告[J].青海畜牧兽医杂志,2012,42(4):24–25.

[37] 陈海东.冷季藏系羊补饲的效果观察[J].青海畜牧兽医杂志,2011,41(6):25–26.

[38] 张建勋.不同季节牦牛补饲效果及其机理研究[D].硕士学位论文.雅安:四川农业大学,2013:43.

[39] WANG H,LIU Y M,QI Z M,et al.The estimation of soil trace elements distribution and soil-plant-animal continuum in relation to trace elements status of sheep in Huangcheng Area of Qilian Mountain Grassland,China[J].Journal of Integrative Agriculture,2014,13(1):140–147.

[40] SHEN X Y,DU G Z,LI H.Studies of a naturally occurring molybdenum-induced copper deficiency in the yak[J].The Veterinary Journal,2006,171(2):352–357.

[41] XIN G S,LONG R J,GUO X S,et al.Blood mineral status of grazing Tibetan sheep in the Northeast of the Qinghai–Tibetan Plateau[J].Livestock Science,2011,136(2/3):102–107.

[42] 刘福元,陈玉林,杨玉福,等.放牧绵羊微量元素摄入量与季节变化的关系研究[J].草业科学,2009,26(11):113–117.

[43] 张昌吉,张利平.补饲舔砖对甘肃高山细毛羊生产性能的影响[J].草业科学,2015,32(9):1496–1499.

Effects of Supplementation on Digestive Enzyme Activities and Apparent Digestibility of Tibetan Sheep in Cold Season

JING Xiaoping[1] WANG Zhisheng[1*] PENG Quanhui[1] ZOU Huawei[1] HU Rui[1] LI Qian[1] ZHOU Ting[1] PU Qijian[1] ZHANG Can[1] ZHAO Suonan[2] KONG Xiangying[2] ZHOU Yuqing[2]

(1. *Animal Nutrition Institute, Sichuan Agricultural University, Ya'an* 625014, *China*; 2. *Haibei Demonstration Zone of Plateau Modern Ecological Husbandry Science and Technology , Haibei* 810299, *China*)

Abstract: The aim of this study was to test the effects of urea-molasses lick block and concentrate

*Corresponding author, professor, E-mail： zswangsicau@126.com (责任编辑 王智航)

chinaXiv:201711.00555v1

supplementation on growth performance, digestive enzyme activities and apparent digestibility of Tibetan sheep in cold season. Eighteen Tibetan sheep ewes were selected and randomly assigned in 3 groups. Control (CON) group was provided with oat hay ad libitum, lick block supplementation (BS) group was provided with oat hay ad libitum and supplemented with urea-molasses lick block ad libitum, and concentrate supplementation (CS) group was provided with oat hay ad libitum and concentrate at 200 g/(ewe▪d). After 60 d of feeding trial, 4 d of digestive trial was carried out, and finally all ewes were slaughtered. The results showed as follows: 1) CS and BS groups ingested 29.67% and 11.37% more digestive energy, 40.00% and 20.00% more crude protein compared with CON group (P<0.05); 2) average daily gain (ADG) of CS and BS groups were 3.22 and 1.98 times as much as that of CON group (P<0.05); 3) the concentrations of glucose, total cholesterol, triglycerides, total protein, globulin and albumin in serum were significantly increased in both of CS and BS groups compared with CON group (P<0.05); 4) the apparent digestibility of dry matter, neutral detergent fiber and acid detergent fiber were significantly enhanced in both of CS and BS groups compared with CON group (P<0.05), and CS group was significantly higher than BS group(P<0.05); 5) the activities of the xylanase, proteinase and aminopeptidase in rumen fluid were significantly increased by nutritional supplementations (P<0.05), and CS group was significantly higher than BS group (P<0.05); the activities of alpha-amylase and trypsase were improved in CS group compared with CON group (P<0.05). It is concluded that the intakes of energy, protein and trace elements of Tibetan sheep can be significantly increased by urea-molasses lick block or concentrate supplementation in cold season, which also can significantly increase digestive enzyme activities, and finally improve the apparent digestibility and growth performance; under the conditions of the present study, the more energy and protein intakes by nutritional supplementation are, the better growth performance in Tibetan sheep appears.

Key words: Tibetan sheep; nutrition supplement way; digestive enzyme activity; apparent digestibility; growth performance

chinaXiv:201711.00555v1